

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift  
⑪ DE 3342721 A1

②1 Aktenzeichen: P 33 42 721.6  
②2 Anmeldetag: 25. 11. 83  
④3 Offenlegungstag: 27. 9. 84

⑥1 Int. Cl. 3:  
G 01 S 3/78  
A 61 B 5/10  
G 02 B 27/18  
G 01 B 11/03

DE 3342721 A1

③0 Innere Priorität: ③2 ③3 ③1  
23.03.83 DE 33105669

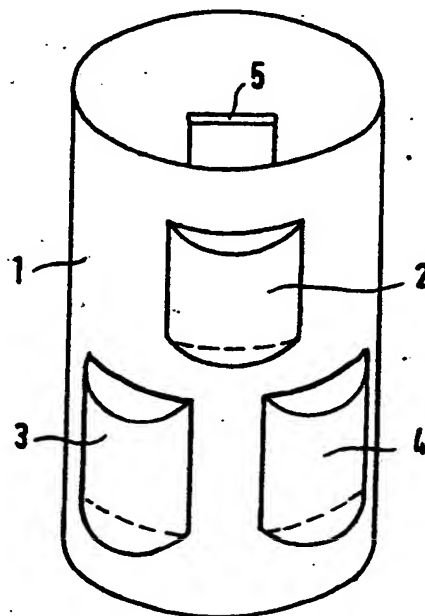
⑦1 Anmelder:  
Morander, Karl-Erik, Lerum, SE

⑦4 Vertreter:  
Mitscherlich, H., Dipl.-Ing.; Gunschmann, K.,  
Dipl.-Ing.; Körber, W., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat.;  
Schmidt-Evers, J., Dipl.-Ing.; Melzer, W., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anw., 8000 München

⑦2 Erfinder:  
gleich Anmelder

⑤4 Fotodetektor-System zum Feststellen bzw. Messen der Position einer oder mehrerer Lichtquellen

Die Position einer oder mehrerer Lichtquellen wird mittels einer fotoempfindlichen Detektoranordnung bestimmt, die durch wenigstens einen Detektorkörper (1) mit einer Mehrzahl von übereinander oder nebeneinander angeordneten einzelnen Detektorelementen (z. B. 5) gebildet ist, welche mit ihren Detektorflächen relativ zueinander versetzt sind. Das Licht der Lichtquellen wird auf den Detektorflächen mittels einer optischen Abbildungsanordnung abgebildet, die durch den einzelnen Detektorelementen zugehörige langgestreckte Linsenelemente (2, 3, 4) gebildet sind, welche der relativen Versetzung der Detektorflächen entsprechend zueinander versetzt angeordnet sind.



DE 3342721 A1

25.11.83

3342721

PATENTANWÄLTE

MITSCHERLICH · GUNSCHMANN · KÖRBER · SCHMIDT-EVERS

1 ZUGELASSENE VERTRETER BEIM EUROPÄISCHEN PATENTAMT · PROF REPRESENTATIVES BEFORE THE EUROPEAN PATENT OFFICE  
MANDATAIRES AGRÉÉS PRES L'OFFICE EUROPÉEN DES BREVETS5 Karl-Erik Morander  
Box 2025S-443 02 Lerum 2  
SCHWEDENDipl.-Ing. H. Mitscherlich  
Dipl.-Ing. K. Gunschmann  
Dipl.-Ing. Dr. rer. nat. W. Körber  
Dipl.-Ing. J. Schmidt-EversSteinsdorfstraße 10  
D-8000 München 22  
Telefon (089) 29 66 84-86  
Telex 523 155 mitsh d  
Fach-Kto. Mchn 195 75-803  
EPA-Kto. 28 000 206

10

25. November 1983  
SE/on

15

## PATENTANSPRÜCHE

=====

1. Fotodetektor-System zum Feststellen bzw. Messen der Po-  
sition einer oder mehrerer Lichtquellen mittels einer fo-  
toempfindlichen Detektoranordnung, zu der das von der je-  
weiligen Lichtquelle abgegebene Licht durch eine optische  
Abbildungsanordnung hingeleitet wird,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Detektoranordnung durch wenigstens einen Detek-  
torkörper (1) mit einer Mehrzahl von übereinander oder  
nebeneinander angeordneten einzelnen Detektorelementen  
(5,6,7) gebildet ist, die mit ihren Detektorflächen re-  
lativ zueinander versetzt sind,  
und daß die optische Abbildungsanordnung durch den ein-  
zelnen Detektorelementen (5, 6, 7) zugehörige langge-  
streckte Linsenelemente (2, 3, 4) gebildet ist, die der  
relativen Versetzung der Detektorflächen entsprechend  
zueinander versetzt angeordnet sind.
2. Fotodetektor-System nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die Detektorelemente (5, 6, 7) mit ihren

- 1 Detektorflächen auf einer gemeinsamen Linie liegend  
übereinander oder nebeneinander angeordnet sind.

3. Fotodetektor-System nach Anspruch 1, dadurch ge-  
5 kennzeichnet, daß zumindest zwei Detektorelemente (6, 7)  
in einer Ebene mit ihren Detektorflächen zueinander ver-  
setzt vorgesehen sind  
und daß in wenigstens einer der betreffenden Ebene un-  
mittelbar benachbarten Ebene wenigstens ein Detektor-  
10 element (5) vorgesehen ist, dessen Detektorfläche be-  
zogen auf die Detektorfläche der in der erstgenannten  
Ebene vorhandenen Detektorelemente (6, 7) versetzt ist.

4. Fotodetektor-System nach Anspruch 3, dadurch gekenn-  
15 zeichnet, daß die zwei unmittelbar benachbarten Ebenen  
zugehörigen Linsenelemente (2, 3, 4) mit ihren Linsen-  
flächen in einer Überlappingsbeziehung zueinander ange-  
ordnet sind.

20 5. Fotodetektor-System nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Detektorkörper (11,  
12, 13) vorgesehen und ihren Längsachsen jeweils in einer  
von zwei zueinander senkrechten Ebenen angeordnet sind.

25 6. Fotodetektor-System nach Anspruch 5, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß die Detektorelemente der Detektor-  
körper (11, 12, 13) mit ihren Signalausgängen an einer  
Rechenschaltung (14) angeschlossen sind.

30 7. Fotodetektor-System nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Detektorkörper (16,  
17, 18, 19) vorgesehen und mit ihren Längsachsen neben-  
einander liegend angeordnet sind.

35 8. Fotodetektor-System nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

- 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Detektorelemente (5, 6,  
7) flach ausgebildet sind.
9. Fotodetektor-System nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
5 dadurch gekennzeichnet, daß die Detektorelemente (5, 6,  
7) gekrümmt ausgebildet sind.
10. Fotodetektor-System nach einem der Ansprüche 1  
bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquellen,  
10 deren Licht festzustellen bzw. zu messen ist, im Zeit-  
multiplexbetrieb zum Aufleuchten gelangen.
11. Fotodetektor-System nach einem der Ansprüche 1 bis  
10, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquellen, deren  
15 Licht festzustellen bzw. zu messen ist, modulierte Licht-  
quellen sind.
12. Fotodetektor-System nach einem der Ansprüche 1 bis  
11, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Licht-  
20 quellen mit jeweils einer Stromversorgung versehen sind.
13. Fotodetektor-System nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet, daß den Lichtquellen eine Steuer-  
einrichtung (Fig. 8) zugehörig ist, welche die Intensi-  
25 tät des von den Lichtquellen abgegebenen Lichtes auf  
einem vorgegebenen Wert hält.
14. Fotodetektor-System nach einem der Ansprüche 1 bis  
13, dadurch gekennzeichnet, daß als Lichtquellen und De-  
30 tektorelemente Halbleiterelemente dienen.
15. Anordnung zum Feststellen bzw. Messen der Position  
einer oder mehrerer Lichtquellen unter Verwendung eines  
einachsigen in einem Winkelbereich wirksamen Fotodetek-  
35 tor-Systems, insb. sonder nach einem der Ansprüche 1 bis

- 1 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung von den  
drei Raumkoordinaten der Lichtquelle(n) (71) entspre-  
chenden Signalen zwei weitere einachsige Fotodetektor-  
Systeme verwendet sind, von denen jedes in einem Winkel-  
5 bereich wirksam ist, und daß mindestens zwei der drei  
Fotodetektor-Systeme (61, 62, 63) so gegeneinander ver-  
setzt sind, daß sich ihre Winkelbereiche kreuzen.

16. Anordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet,  
10 daß die drei Fotodetektor-Systeme (61, 62, 63) auf einer  
Geraden angeordnet sind.

17. Anordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Winkelbereiche der beiden äußeren Fotodetektor-  
15 Systeme (61, 63) parallel zueinander verlaufen, und daß  
der Winkelbereich des mittleren Fotodetektor-Systems  
(62) senkrecht zu den Winkelbereichen der beiden äußeren  
Fotodetektor-Systeme (61, 63) verläuft.

- 20 18. Anordnung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die drei Fotodetektor-Systeme (61, 62, 63)  
an einem Träger (60) so angeordnet sind, daß die Gerade  
vertikal verläuft, daß die Winkelbereiche der beiden  
äußeren Fotodetektor-Systeme (61, 63) jeweils durch  
25 eine Horizontale (64, 67) und eine Schräge (65, 66)  
begrenzt sind, derart, daß die beiden Winkelbereiche  
in einer bestimmten Entfernung vom Träger (60) inein-  
ander übergehen.

30

35

1

5

Fotodetektor-System zum Feststellen bzw. Messen  
der Position einer oder mehrerer Lichtquellen

10

Die Erfindung bezieht sich auf ein Fotodetektor-System zum Feststellen bzw. Messen der Position einer oder mehrerer Lichtquellen mittels einer fotoempfindlichen Detektoranordnung, zu der das von der jeweiligen Licht-  
15 quelle abgegebene Licht durch eine optische Abbildungsanordnung hingeleitet wird.

20

Ein System der vorstehend bezeichneten Art ist bereits bekannt (EP-Anmeldung 81106262.9). Dabei sind die fotoempfindliche Detektoranordnung und die optische Abbildungsanordnung bezüglich der gleichen Achse ro-  
tationssymmetrisch aufgebaut. Mit Hilfe dieses be-  
kannten Systems ist es zwar möglich, die Anzeige der positionsempfindlichen Fotodetektoranordnung von der  
25 Oberflächengestalt des jeweils untersuchten Gegenstands, von der Größe des auf seine Oberfläche geworfenen Lichtflecks und von unterschiedlich starken Reflexionen oder Streuungen der Oberfläche des je-  
weils untersuchten Gegenstands weitgehend unabhängig  
30 zu machen. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß der Erfassungsbereich, d. h. der Bildwinkel der fotoempfindlichen Detektoranordnung einen zuweilen nicht ausreichenden Bereich einschließt.

35

Man könnte nun in System der vorstehend betrachteten bekannten Art in in r Mehrzahl vorsehen und

1 nebeneinander anordnen, um den Erfassungsbereich, d.h.  
den Bildwinkel auszuweiten. Dies ist im Prinzip auch  
möglich, zeigt jedoch den Nachteil, daß eine lineare  
Erfassung der Position einer oder mehrerer Lichtquellen  
5 praktisch nur längs der Achse möglich ist, längs der  
die betreffenden Systeme nebeneinander angeordnet sind.  
Ändert sich indessen die Position der Lichtquelle oder  
der Lichtquellen auch in anderer Richtung, so wirken  
sich im Bereich zwischen einander benachbarten Systemen  
10 vorhandene kissenförmige Verzerrungen negativ auf die  
Auswertung der jeweils gewonnenen Signale aus.

Der Erfindung liegt demgemäß die Aufgabe zugrunde,  
einen Weg zu zeigen, wie bei einem System der eingangs  
15 genannten Art unter Vermeidung der vorstehend aufge-  
zeigten Nachteile ein erweiterter Erfassungsbereich  
für das Feststellen bzw. Messen der Position einer  
oder mehrerer Lichtquellen erzielt werden kann.

20 Gelöst wird die vorstehend aufgezeigte Aufgabe bei  
einem System der eingangs genannten Art erfindungs-  
gemäß dadurch, daß die Detektoranordnung durch  
wenigstens einen Detektorkörper mit einer Mehrzahl  
von übereinander oder nebeneinander angeordneten  
25 einzelnen Detektorelementen gebildet ist, die mit  
ihren Detektorflächen relativ zueinander versetzt  
sind, und daß die optische Abbildungsanordnung durch  
den einzelnen Detektorelementen zugehörige langge-  
streckte Linsenelemente gebildet ist, die der rela-  
30 tiven Versetzung der Detektorflächen entsprechend  
zueinander versetzt angeordnet sind.

Die Erfindung bringt den Vorteil mit sich, daß auf  
relativ einfache Weise die Position einer oder  
35 mehrerer Lichtquellen festgestellt bzw. gemessen  
werden kann, deren Position sich in einer relativ

1 weiten Erfassungsbereich ändern kann, ohne daß bei der  
betreffenden Feststellung bzw. Messung Probleme der  
oben aufgezeigten Art auftreten. Dies bedeutet, daß  
5 in vorteilhafter Weise zwischen den einzelnen Detektor-  
elementen keine undefinierten Bereiche vorhanden sind,  
so daß sich die jeweils zu erfassende Lichtquelle  
praktisch in beliebiger Richtung in bezug auf die  
Detektorkörper ändern kann und dennoch in ihrer je-  
weiligen Position klar erfaßbar ist.

10

Von Vorteil ist ferner, daß gemäß der Erfindung mit  
geringeren Abmessungen des Meßraumes als bisher aus-  
gekommen wird und daß der Abstand zwischen der je-  
weiligen Lichtquelle und den Detektorelementen kleiner  
15 sein kann, als dies bisher möglich war. Dies bringt  
eine bessere Auflösung und Genauigkeit in der Aus-  
wertung der Meßsignale mit sich.

20

Vorzugsweise sind die Detektorelemente mit ihren  
Detektorflächen auf einer gemeinsamen Linie liegend  
übereinander oder nebeneinander angeordnet. Dies  
bringt den Vorteil eines relativ einfachen konstruk-  
tiven Aufbaus mit sich.

25

Zweckmäßigerweise sind jedoch zumindest zwei Detek-  
torelemente in einer Ebene mit ihren Detektorflächen  
zueinander versetzt vorgesehen, und in wenigstens  
einer der betreffenden Ebene unmittelbar benachbar-  
ten Ebene ist wenigstens ein Detektorelement vorge-  
30 sehen, dessen Detektorfläche bezogen auf die Detektor-  
flächen der in der erstgenannten Ebene vorhandenen  
Detektorelemente versetzt ist. Hierdurch ergibt sich  
der Vorteil, daß der jeweilige Detektorkörper einen  
relativ weiten Erfassungsbereich hat.

35

Vorzugsweise sind die zwei unmittelbar benachbarten



1 Ebenen zugehörigen Linsenelemente mit ihren Linsen-  
flächen in einer Überlappingsbeziehung zueinander  
angeordnet. Dies bringt den Vorteil mit sich, daß  
ein relativ weiter Erfassungsbereich eines Detektor-  
5 körpers mit relativ einfach aufgebauten Linsenelementen  
erreicht wird.

Von Vorteil ist es ferner, wenn mehrere Detektor-  
körper vorgesehen und mit ihren Längsachsen jeweils  
10 in einer von zwei zueinander senkrechten Ebenen ange-  
ordnet sind. Dies ermöglicht in vorteilhafter Weise  
eine räumliche Bestimmung der Position einer oder  
mehrerer Lichtquellen vorzunehmen.

15 Um die vorstehend erwähnte Positionsbestimmung mit  
einfachen Schaltungsmitteln vornehmen zu können, sind  
die Detektorelemente der Detektorkörper mit ihren  
Signalausgängen vorzugsweise an einer Rechenschaltung  
angeschlossen, die einen Mikroprozessor enthalten kann.

20 Es ist aber auch möglich, mehrere Detektorkörper vor-  
zusehen und mit ihren Längsachsen nebeneinander liegend  
anzuordnen. Dies bringt den Vorteil mit sich, daß auf  
relativ einfache Weise Bewegungsabläufe in einer vor-  
25 gegebenen Richtung ohne weiteres erkannt und damit  
ausgewertet werden können.

Die Lichtquellen, deren Licht festzustellen bzw. zu  
messen ist, gelangen vorzugsweise im Zeitmultiplex-  
30 betrieb zum Aufleuchten. Dies ermöglicht in besonders  
einfacher Weise die einzelnen Lichtquellen voneinander  
unterscheiden zu können.

Es ist aber auch ohne weiteres möglich, als Licht-  
35 quellen, deren Licht festzustellen bzw. zu messen ist,  
moduliert Lichtquellen zu verwenden. Auch die se

1     Maßnahme ermöglicht in vorteilhafter Weise, die  
einzelnen Lichtquellen einfach voneinander unter-  
scheiden zu können. Die Modulati n der betreffenden  
5     Lichtquellen kann die Frequenz des jeweils abgegebenen  
Lichts betreffen.

Um die einzelnen Lichtquellen auf besonders einfache  
Weise betreiben zu können, ohne lästige Kabelver-  
bindungen in Kauf nehmen zu müssen, sind vorzugsweise  
10     die einzelnen Lichtquellen mit jeweils eigener Strom-  
versorgung versehen.

Vorzugsweise ist eine den Lichtquellen zugehörige  
Steuereinrichtung vorgesehen, welche die Intensität  
15     des von den Lichtquellen abgegebenen Lichtes auf  
einem vorgegebenen Wert hält. Von dieser Maßnahme  
wird in vorteilhafter Weise dann Gebrauch gemacht,  
wenn der Abstand zwischen den Lichtquellen und den  
Detektorelementen unterschiedlich ist bzw. variiert.

20     Als Lichtquellen und als Detektorelemente dienen vor-  
zugsweise Halbleiterelemente. So werden als Licht-  
quellen insbesondere Leuchtdioden (LED) verwendet,  
und als Detektorelemente werden übliche Detektor-  
25     elemente verwendet, wie sie im Zusammenhang mit dem  
oben betrachteten bekannten System bereits beschrie-  
ben sind. Es sei hier angemerkt, daß als Detektor-  
elemente aber auch ladungsgekoppelte Einrichtungen  
(CCD) verwendet werden können.

30     Anhand von Zeichnungen wird die Erfindung nachstehend  
beispielsweise näher erläutert.

Fig. 1 zeigt in einer Perspektivansicht einen Detek-  
torkörper, wie er bei dem Fotodetektor-System ge-  
35     mäß der Erfindung verwend t wird.

1 Fig. 2 zeigt eine Draufsicht auf den in Fig. 1 dargestellten Detektorkörper.

5 Fig. 3 zeigt in einer Perspektivansicht die Verwendung von drei Detektorkörpern gemäß der Erfindung zur räumlichen Feststellung bzw. Messung der Position wenigstens einer Lichtquelle.

10 Fig. 4 zeigt in einer Ebene nebeneinanderliegend angeordnete Detektorkörper.

15 Fig. 5 zeigt in einer schematischen Darstellung Verhältnisse, die sich aus der Verwendung von zwei Detektorkörpern der in Fig. 3 dargestellten drei Detektorkörper ergeben.

20 Fig. 6 zeigt in einem Blockschaltbild eine Rechenschaltung, die in Verbindung mit der Vorrichtung gemäß Fig. 3 verwendbar ist.

Fig. 7 zeigt in einem Zeitdiagramm Impulse, mit deren Hilfe Lichtquellen zur Abgabe von Licht angesteuert werden können.

25 Fig. 8 zeigt in einem Blockschaltbild eine Steuereinrichtung, mit deren Hilfe die Intensität des von Lichtquellen abgegebenen Lichtes auf einem vorgegebenen Wert gehalten werden kann.

30 Fig. 9 zeigt eine Meßanordnung zum dreidimensionalen Feststellen bzw. Messen der Position einer oder mehrerer Lichtquellen

35 Fig. 10 zeigt ein bekanntes einachsiges Fotodetektor-System

1 Figur 10 zeigt ein bekanntes einachsiges Detektor-System.  
Das von einer Lichtquelle 71 ausgehende Licht wird durch  
eine Linse 72 zu einem Lichtpunkt gebündelt, der auf die  
Oberfläche eines positionsempfindlichen Fotodetektorele-  
5 mentes fällt. Das positionsempfindliche Fotodetektor-  
element besteht aus einem halbleitenden Substrat 73,  
an dessen beiden Enden Elektroden 74 und 75 aufgebracht  
sind. Ferner ist in der Mitte an der Unterseite eine  
Elektrode 76 angebracht. Mit der Elektrode 76 ist ein  
10 Pol einer Spannungsquelle 77 verbunden. Der andere Pol  
der Spannungsquelle führt zum Plus-Eingang je eines Ope-  
rationsverstärkers 78, 79. Der Minus-Eingang der beiden  
Operationsverstärker 78, 79 ist mit der entsprechenden  
Elektrode 74, 75 verbunden. Ferner ist der Minus-Eingang  
15 jedes Operationsverstärkers 78, 79 mit dem entsprechen-  
den Ausgang durch einen entsprechenden Gegenkopplungs-  
widerstand verbunden. Die Spannungen  $u_1$  und  $u_2$  an den  
Ausgängen der Operationsverstärker 78, 79 hängen davon  
ab, wo der Lichtfleck auf dem Substrat 73 auftrifft. Wenn  
20 der Lichtfleck genau in der Mitte auftrifft, sind beide  
Spannungen gleich. Wenn der Lichtfleck beispielsweise  
bei Veränderung der Lichtquelle 71 zu 71' näher an der  
Elektrode 74 auftrifft als an der Elektrode 75, so ist  
die Spannung  $u_1$  größer als die Spannung  $u_2$ . Jede Winkel-  
25 veränderung der Lichtquelle 71 führt dementsprechend zu  
einer Änderung der Spannungen an den Ausgängen der Ope-  
rationsverstärker 78, 79. Das in Figur 10 gezeigte Foto-  
detektor-System entspricht dem Fotodetektor-System in  
Figur 4 der europäischen Patentanmeldung 81106262.9 des  
30 Anmelders. Ein solches Fotodetektor-System wird als "ein-  
achsig" bezeichnet. Dies deshalb, weil mit einem solchen  
System nur Ortsveränderungen festgestellt werden können,  
die in Verbindungsrichtung zwischen den beiden Elektroden  
74, 75 erfolgen.

- 1 Wenn man rechtwinklig zu den streifenförmig n Elektroden  
74, 75 an den beiden Seiten des Substrates 73 weitere  
Elektroden anbringt und deren Ausgangssignale in der  
gleichen Weise auswertet, wie es in Figur 10 gezeigt  
6 ist, so erhält man ein "zweiachsiges" Fotodetektor-System.  
Ein solches ist beispielsweise im IEE JOURNAL OF SOLID-  
STATE CIRCUITS, VOL. SC-13, NO. 3, June 1978 beschrieben.

Im vorliegenden Fall interessieren nur "einachsige" Licht-  
10 detektor-Systeme.

Figur 1 zeigt einen generell mit 1 bezeichneten Detek-  
torkörper, der bei dem Fotodetektor-System gemäß der  
Erfindung zum Feststellen bzw. Messen der Position einer  
15 oder mehrerer Lichtquellen verwendbar ist. Der Detektor-  
körper 1 weist einen kreisförmigen Zylinder auf, auf  
dessen Außenseite drei langgestreckte Linsenelemente 2,  
3 und 4 vorgesehen sind. Diese Linsenelemente sind zy-  
linderförmige Linsenelemente, die im vorliegenden Fall  
20 in zwei verschiedenen Ebenen liegen. In der einen Ebene  
befindet sich das Linsenelement 2, und in der anderen  
Ebene befinden sich die Linsenelemente 3 und 4. Wie aus  
Fig. 1 hervorgeht, sind die Linsenelemente 3 und 4 so  
angeordnet, daß sie mit ihren Linsenflächen in einer  
25 Überlappingsbeziehung zu der Linsenfläche des Linsen-  
elementes 2 liegen, welches in der anderen Ebene liegt.

Den Linsenelementen 2, 3, 4 sind einzelne flache Detek-  
torelemente zugehörig, von denen in Fig. 1 lediglich  
30 das dem Linsenelement 2 zugehörige Detektorelement 5  
gezeigt ist, und die nur in Linsenkrümmungsrichtung  
der Linsenelementepositionsempfindlich sind und in  
Achsenrichtung der Linsenelemente einen exakt linea-  
ren Empfindlichkeitsverlauf zeigen. In Fig. 2 ist ge-

1 zeigt, daß den Linsenelementen 3 und 4 die Detektor-  
elemente 6 bzw. 7 zugehörig sind. Aus Fig. 1 und 2  
geht dabei hervor, daß die Detektorelemente 5, 6 und  
5 7 mit ihren Detektorflächen relativ zueinander ver-  
setzt sind und daß die den einzelnen Detektorelemen-  
ten 5, 6 und 7 zugehörigen langgestreckten Linsen-  
elemente 2, 3 bzw. 4 entsprechend der relativen Ver-  
setzung der Detektorflächen der Detektorelemente 5, 6  
10 und 7 zueinander versetzt angeordnet sind.

An dieser Stelle sei noch angemerkt, daß in Abweichung  
von den in Fig. 1 und 2 dargestellten Verhältnissen  
jeder Detektorkörper grundsätzlich mehr Detektor-  
15 elemente und Linsenelemente aufweisen kann, als zuvor  
angegeben. Im übrigen sei hier noch angemerkt, daß  
im Zusammenhang mit Fig. 1 und 2 zwar gezeigt ist,  
daß die Detektorelemente und diesen zugehörige Lin-  
senelemente übereinander angeordnet sind, daß aber  
20 durch entsprechende Drehung die betreffenden Elemente  
dann nebeneinander angeordnet sind. Überdies sei  
noch angemerkt, daß die Detektorelemente in Abwei-  
chung von den zuvor betrachteten Verhältnissen mit  
ihren Detektorflächen auf einer gemeinsamen Linie  
25 liegend übereinander oder nebeneinander angeordnet  
sein können. In diesem Fall wäre die betreffende Linie  
die Mittellinie des kreisförmigen Zylinderkörpers bzw.  
Detektorkörpers 1.

30 Fig. 3 zeigt die Anwendung dreier Detektorkörper der  
in Fig. 1 und 2 gezeigten Art. Gemäß Fig. 3 sind die

1 betreff enden Detektorkörper mit 11, 12 und 13 bezeich-  
net. Die Detektorkörper 11 und 12 sind mit ihren Längs-  
achsen in vertikaler Richtung ausgerichtet, und der De-  
5 tektorkörper 13 ist mit seiner Längsachse in horizon-  
taler Richtung angeordnet.

Mit Hilfe der beiden Detektorkörper 11 und 12 wird  
der in Fig. 3 angedeutete Raum in einer Ebene bezüg-  
lich der Position wenigstens einer (nicht dargestell-  
10 ten) Lichtquelle überwacht bzw. erfaßt. Die Verwen-  
dung von zwei Detektorkörpern 11 und 12 bringt dabei  
eine Ausweitung des Erfassungsbereiches gegenüber der  
Verwendung nur eines Detektorkörpers mit sich. Mit  
Hilfe des Detektorkörpers 13 wird der erwähnte Raum  
15 in der vertikalen Richtung überwacht.

Die Detektorelemente der einzelnen Detektorkörper 11,  
12 und 13 sind mit ihren Signalausgängen an einer  
gemeinsamen Rechenschaltung 14 angeschlossen, von  
20 der an Ausgängen X, Y und Z für die einzelnen räum-  
lichen Koordinaten einer Lichtquelle, die sich in  
dem in Fig. 3 angedeuteten Raum befindet, kennzeich-  
nende Positionssignale abgegeben werden können. Hier-  
auf wird im Zusammenhang mit Fig. 5 und 6 noch einge-  
25 gangen werden.

Fig. 4 zeigt in Abweichung von den in Fig. 3 gezeig-  
ten Verhältnissen einen Fall, gemäß dem mehrere De-  
tektorkörper, die mit 16, 17, 18 und 19 bezeichnet sind,  
30 vorgesehen und mit ihren Längsachsen nebeneinander  
liegend angeordnet sind. Durch eine solche Anordnung

1 d r Detektorkörper 16 bis 19 wird ein relativ weiter  
Erfassungsbereich für Lichtquellen erzielt, deren  
Position zu bestimmen bzw. zu messen ist. Derartige  
Lichtquellen können beispielsweise von Sportlern ge-  
5 tragen werden, um deren Bewegungen feststellen und  
auswerten zu können.

Bezüglich der in Fig. 4 gezeigten Verhältnisse sei  
noch angemerkt, daß in den schraffierten Bereichen 20  
eine Doppelauswertung der von jeweils einer Licht-  
quelle abgegebenen Lichtstrahlen erfolgt. In diesen  
Fällen kann jedoch eine entsprechende Korrektur der  
Ausgangssignale der betroffenen Detektorkörper 16  
bis 19 erfolgen.

15 Fig. 5 veranschaulicht mathematische Beziehungen, die  
zwischen den in Fig. 3 dargestellten Detektorkörpern 11  
und 12 vorhanden sind. Gemäß Fig. 5 sind die beiden  
Detektorkörper 11 und 12 in ein Koordinatenfeld mit  
20 einer x-Achse und mit einer y-Achse gelegt. Eine  
Lichtquelle ist mit  $P_{x,y}$  bezeichnet, um anzudeuten,  
daß deren x- und y-Koordinatenwerte zu bestimmen sind.  
Eine von dem Detektorkörper 11 zu dem Punkt  $P_{x,y}$  ver-  
laufende Gerade bildet mit der y-Achse einen Winkel  $\alpha$   
25 Eine zwischen dem Detektorkörper 12 und dem Punkt  $P_{x,y}$   
verlaufende Gerade bildet mit der y-Achse einen  
Winkel  $\beta$ . Der Abstand zwischen den beiden Detektor-  
körpern 11 und 12 beträgt  $2d$ . Mit Rücksicht auf diese  
Werte ergeben sich folgende Beziehungen:

30 
$$2d = y (\tan \alpha + \tan \beta), \quad (1)$$

woraus für y die Beziehung folgt

$$y = \frac{2d}{\tan \alpha + \tan \beta}, \quad (2)$$

35 und der Wert x ergibt sich zu

$$x = -d + y \tan \alpha \quad (3)$$



1 Für die Bestimmung der vorstehend angegebenen Koordina-  
 tenwerte  $y$  und  $x$  sind lediglich die Größen  $\tan \alpha$  und  
 5  $\tan \beta$  erforderlich. Diese Größen sind jedoch den  
 Ausgangssignalen proportional, welche die Detektor-  
 körper 11 und 12 bzw. deren Detektorelemente liefern.  
 Mit anderen Worten ausgedrückt heißt dies, daß die  
 Ausgangssignale der Detektorelemente der Detektor-  
 körper 11 und 12 nach Multiplikation mit bestimmten  
 10 vorgegebenen Proportionalitätskonstanten für die  
 Größen  $\tan \alpha$  und  $\tan \beta$  verwendet werden können.

Fig. 6 zeigt in einem Blockschaltbild eine Rechen-  
 schaltung, welche die zuvor erwähnten Größen  $\tan \alpha$   
 und  $\tan \beta$  für die Durchführung von Rechenvorgängen  
 15 ausnutzt. Gemäß Fig. 6 wird einem Eingangsanschluß 21  
 die Größe  $\tan \alpha$  zugeführt, und einem Eingangs-  
 schluß 22 wird die Größe  $\tan \beta$  zugeführt. An dieser  
 Stelle sei angemerkt, daß tatsächlich die betreffenden  
 Größen  $\tan \alpha$  und  $\tan \beta$  angegebene Binärzahlen bzw.  
 20 Binärwörter zugeführt werden. An den beiden Ein-  
 gängen 21 und 22 ist eine erste Rechenschaltung 23  
 mit ihren Eingängen angeschlossen. Diese Rechenschal-  
 tung 23 gibt an einen Ausgangsanschluß 25 ein Aus-  
 gangssignal ab, welches der obigen Gleichung (2) ge-  
 25 nügt. Dies bedeutet, daß am Ausgangsanschluß 25 ein  
 Ausgangssignal auftritt, welches den  $y$ -Koordinaten-  
 wert einer gerade erfaßten Lichtquelle betrifft.

Am Ausgang der Rechenschaltung 23 und am Eingangs-  
 30 schluß 21 ist eine weitere Rechenschaltung 24 ange-  
 schlossen, welche an einem Ausgangsanschluß 26 ein  
 Ausgangssignal entsprechend der obigen Beziehung (3)  
 abgibt. Dies bedeutet, daß am Ausgangsanschluß 26  
 ein für den  $x$ -Koordinatenwert einer gerade erfaßten  
 35 Lichtquelle kennzeichnendes Ausgangssignal zur Ver-  
 fügung steht.

- 1 Ergänzend zu den vorstehenden Ausführungen sei noch  
angemerkt, daß eine den in Fig. 6 angedeuteten Rechen-  
schaltung n entsprechende Rech nschaltung vorgesehen  
sein kann, um bezüglich des Detektorkörpers 13 gemäß  
5 Fig. 3 eine Positionsbestimmung für eine Lichtquelle  
in einer weiteren Koordinatenachse z vorzunehmen. Der  
betreffende Koordinatenwert z genügt dabei der Be-  
ziehung

$$z = y \tan \varphi, \quad (4)$$

- 10 wobei  $\varphi$  der Winkel bedeutet, den eine Gerade zwischen  
dem Detektorkörper 13 gemäß Fig. 3 und einer Licht-  
quelle in bezug auf eine Bezugsebene (das ist die  
x-y-Ebene) einschließt.

- 15 Um die Position der einzelnen Lichtquellen mit Hilfe  
der zuvor beschriebenen Detektorkörper ermitteln zu  
können und zugleich eine Unterscheidung zwischen den  
verschiedenen Lichtquellen treffen zu können, ist  
vorgesehen, die betreffenden Lichtquellen entweder  
20 im Zeitmultiplexbetrieb nacheinander zum Aufleuchten  
zu bringen bzw. gelangen zu lassen, oder aber die  
einzelnen Lichtquellen in der Frequenz zu modulieren,  
so daß sie verschiedenfarbenes Licht ausstrahlen. Es  
ist aber auch möglich, beide Maßnahmen in Verbindung  
25 miteinander anzuwenden.

- Fig. 7 zeigt in einem Zeitdiagramm verschiedene Impul-  
se, die für den Zeitmultiplexbetrieb einer Vielzahl  
von Lichtquellen verwendet werden können. Mit 30 sind  
in Fig. 7 Triggerimpulse bezeichnet, die dazu ausge-  
nutzt werden können, auf die Zuführung eines weiteren  
Impulses 31, 32 bzw. 3n hin Licht abzugeben, und zwar  
für die Dauer des betreffenden Impulses 31, 32 bzw. 3n.  
Wie auf der Zeitachse in Fig. 7 aufgetragen, wieder-  
35 holen sich di betreffenden Vorgänge in einem f st-  
gelegten Zyklus. Dabei könn n di einzeln n Licht-

- 1 quellen vorzugsweise mit eigener Stromversorgung, d.h.  
mit eigen r Batterie versehen sein.

5 Der vorstehend erwähnte Zeitmultiplexbetrieb der  
einzelnen Lichtquellen kann in Abweichung von den  
im Zusammenhang mit Fig. 7 speziell erläuterten Ver-  
hältnissen auch so erfolgen, daß die einzelnen Licht-  
quellen gesonderte Zeitgeber enthalten, welche bei-  
spielsweise in der aus Fig. 7 ersichtlichen gestaffel-  
10 ten Weise zur Wirkung gelangen. Dazu kann der jeweili-  
ge Zeitgeber beispielsweise von einem der Trigger-  
impulse 30 gemäß Fig. 7 angesteuert werden.

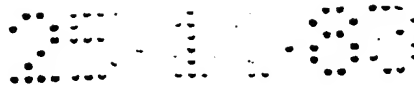
15 Fig. 8 zeigt in einem Blockschaltbild eine Schal-  
tungsanordnung, mit deren Hilfe das Nutz-Rausch-  
Signalverhältnis bei der Auswertung der die Position  
von Lichtquellen angehenden Signale relativ hoch ge-  
halten werden kann. Die betreffende Schaltungsan-  
ordnung weist zwei Eingangsanschlüsse 40 und 42 auf,  
20 denen Signale zugeführt werden, die für unterschied-  
liche Koordinatenwerte einer Lichtquelle in ein und  
derselben Koordinatenrichtung, z.B. in der x-Koordi-  
natenrichtung, kennzeichnend sind. Am Eingangsan-  
schluß 40 ist ein Verstärker 41 mit einstellbarem  
25 Verstärkungsfaktor angeschlossen. Ausgangsseitig ist  
der Verstärker 41 am Eingang + eines Differenzver-  
stärkers 44 und am Eingang + eines Summierers 47 an-  
geschlossen. Der Differenzverstärker 44 ist mit seinem  
Eingang - zusammen mit einem weiteren Eingang + des  
30 Summierers 47 am Ausgang eines Verstärkers 43 ange-  
schlossen, dessen Verstärkungsfaktor einstellbar ist  
und der eingangsseitig an dem Eingangsanschluß 42  
angeschlossen ist.

35 Am Ausgang des Differenzverstärkers 44 ist ine  
Detektorschaltung 45 angeschlossen, di an inem

1 Ausgangsanschluß 46 einen x-Wert abgibt.

Am Ausgang des Summierers 47 ist eine Detektorschaltung 48 angeschlossen, die an einem Ausgangsanschluß 49  
5 ein Steuersignal abgibt, welches für die Intensität bzw. Stärke des jeweiligen Signals kennzeichnend ist. Dieses Signal wird ferner über einen Analog-Digital-Wandler (ADC) 50 zur Ansteuerung eines Speichers 51  
10 ausgenutzt, in welchem das jeweils letzte Abfrageergebnis, d.h. das jeweils zuvor ermittelte Intensitätssignal abgespeichert ist. Dieses Signal wird mit dem nunmehr von dem Analog-Digital-Wandler 50 abgegebenen Signal in einer Logikschaltung 52 verglichen, um  
15 ein Einstellsignal zur Einstellung der Verstärkungsfaktoren der Verstärker 41 und 43 zu gewinnen. Durch diese Maßnahme wird ein Intensitätsabfall bzw. ein übermäßiger Intensitätsanstieg der Eingangssignale ausgeglichen. Durch Ausnutzen der an den Ausgangsanschlüssen 46 und 49 auftretenden Signale kann somit  
20 die Intensität des von den Lichtquellen abgegebenen Lichtes auf einem vorgegebenen Wert gehalten werden.

Vorstehend ist ein System zum Feststellen bzw. Messen der Position einer oder mehrerer Lichtquellen mittels  
25 einer fotoempfindlichen Detektoranordnung erläutert worden. Mit Hilfe derartiger Lichtquellen, die insbesondere durch Halbleiterelemente, wie Leuchtdioden (LED) gebildet sein können, ist es möglich, Bewegungsabläufe zu erfassen, wie beispielsweise von Sportlern  
30 oder von Parkinson-Kranken. Es ist aber auch ohne weiteres möglich, die Erfindung zur Erfassung von beliebigen Bewegungsabläufen, beispielsweise auch in industriellen Bereichen, anzuwenden. Als Detektorelemente können dabei u.a. auch CCD-Detektor n verwendet  
35 w r d n. Ganz allgemein können die v r wendeten Detektor lemente irgendwie geformt Oberflächen, also z. B. auch g krümmte Oberflächen aufw isen.



- 1 In Fig. 9 ist eine Meßanordnung zum dreidimensionalen  
Feststellen bzw. Messen der Position einer oder meh-  
rerer Lichtquellen gezeigt. Dieses System kann bei-  
spielsweise für bio-mechanische Messungen, in der Sport-  
5 medizin und zur Überprüfung von Bewegungsabläufen beim  
Sporttraining verwendet werden. Ferner kann diese Meß-  
anordnung für Messungen bei Autozusammenstößen od. dgl.  
verwendet werden.
- 10 Die in Fig. 9 gezeigte Meßanordnung besteht aus einem  
rohrförmigen vertikalen Träger 60, an dem mit etwa  
gleichem Abstand zueinander drei einachsige Fotodetek-  
tor-Systeme 61, 62, 63 vorgesehen sind. Der Winkelbe-  
reich des obersten Detektorsystems 61 ist durch eine  
15 Gerade 64 und durch eine Schräge 65 begrenzt. Der Win-  
kelbereich des untersten Detektor-Systems ist durch  
eine Gerade 67 und eine Schräge 66 begrenzt. Die bei-  
den Winkelbereiche der beiden Fotodetektor-Systeme  
61, 63 gehen in einem bestimmten Abstand von dem Trä-  
20 ger 60 ineinander über.
- Der Winkelbereich des mittleren Fotodetektor-Systems  
62 ist durch die gestrichelte Linie 68, 69 angedeutet.  
Dieser Winkelbereich erstreckt sich senkrecht zu den  
25 Winkelbereichen der äußeren Fotodetektor-Systeme 61,  
63. Der Winkelbereich des mittleren Fotodetektor-Systems  
62 ist allerdings nicht auf die durch die Linien 68,  
69 begrenzte Ebene beschränkt, sondern er hat auch in  
vertikaler Richtung einen hier nicht dargestellten  
30 Öffnungswinkel. Das mittlere Fotodetektor-System 62  
registriert jedoch nur Veränderungen von Lichtquellen,  
die senkrecht zur Zeichnungsebene erfolgen. Demgegen-  
über registrieren die beiden äußeren Fotodetektor-  
Systeme 61, 63 Änderungen von Lichtquellen, die zwi-  
35 schen Decke und Boden des Meßraumes erfolgen.

- 1 In dem Meßraum in Figur 9 trägt eine Versuchsperson 70  
eine Lichtquelle 71, beispielsweise in Form einer Leucht-  
diode. Mit den drei Fotodetektor-Systemen 61, 62, 63 kön-  
nen drei Winkelkoordinaten festgestellt werden, die mit-  
5 tels eines Rechners in kartesische Raumkoordinaten um-  
gerechnet werden können.

- Es ist auch möglich, daß die Versuchsperson 70 mehrere  
Lichtquellen 71 trägt. Diese können dann beispielsweise  
10 unterschiedlich moduliert sein, wodurch eine Trennung  
der jeder Lichtquelle zugeordneten Reaktionssignale  
an den Fotodetektorsystemen 61, 62, 63 möglich ist.  
Eine solche Verwendung mehrerer Lichtquellen und eine  
entsprechende Trennung der Signale ist beispielsweise  
15 in der DE-OS 23 39 390 beschrieben.

- Die drei Fotodetektor-Systeme 61, 62, 63 können vom  
Schmalwinkeltyp gemäß Figur 10 sein oder vom Weitwin-  
keltyp gemäß den Figuren 1 und 2.

20

Patentanwalt

25

30

35

• 22.

- Leerseite -

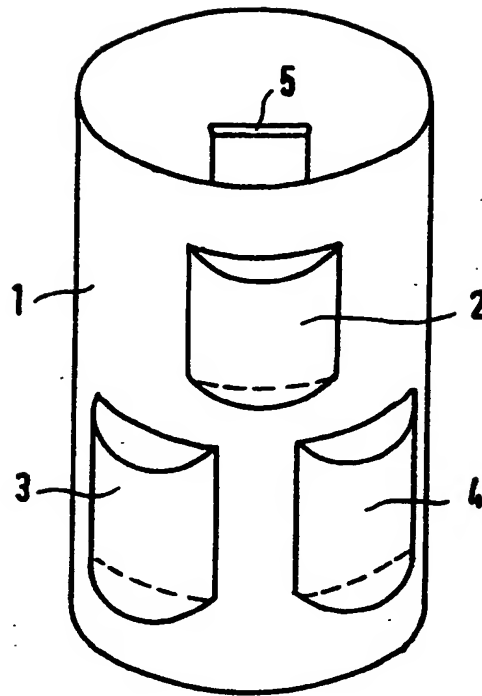


FIG. 1

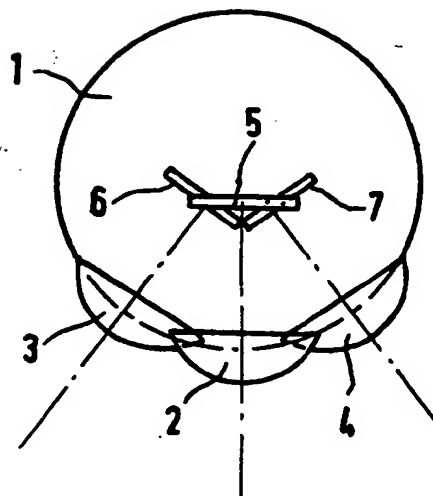
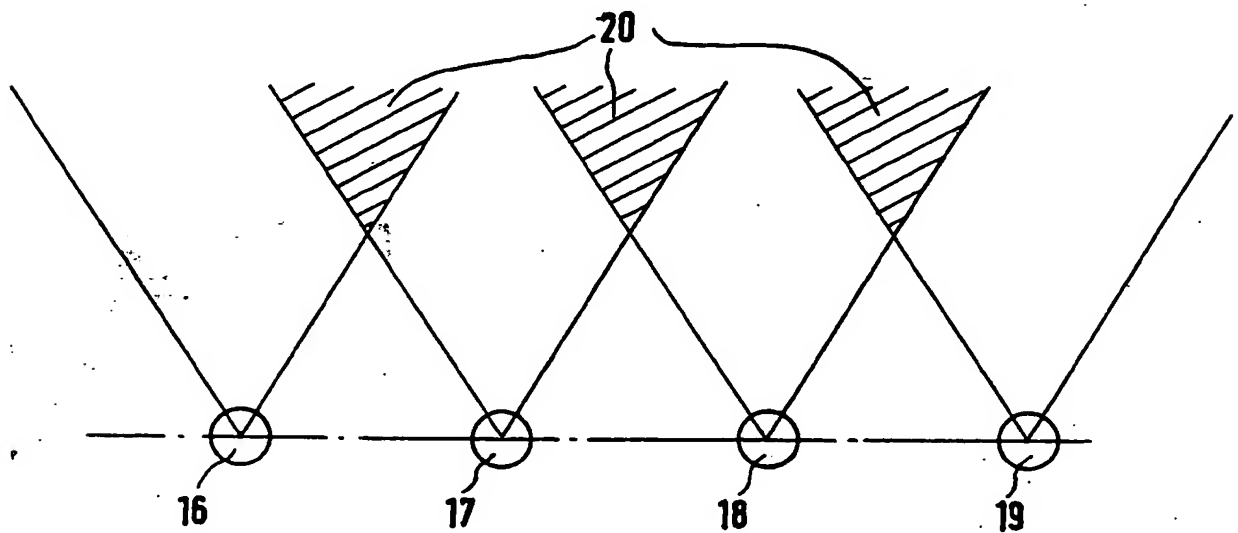
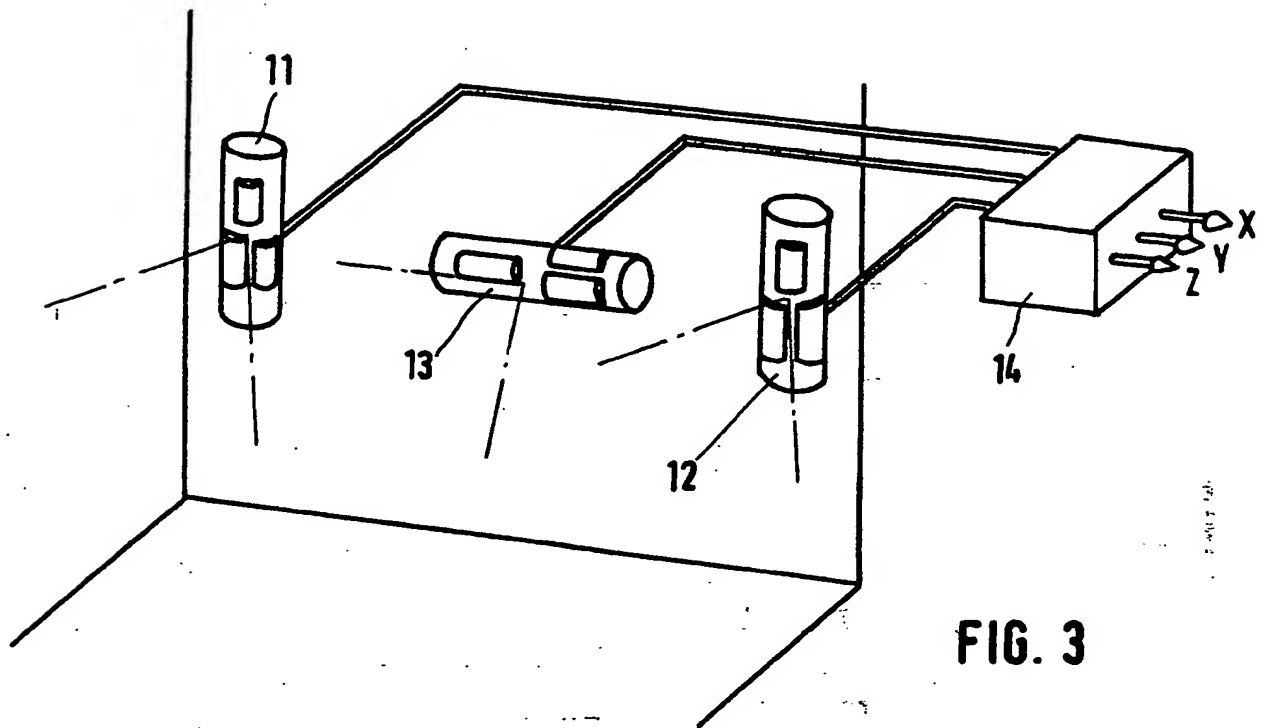
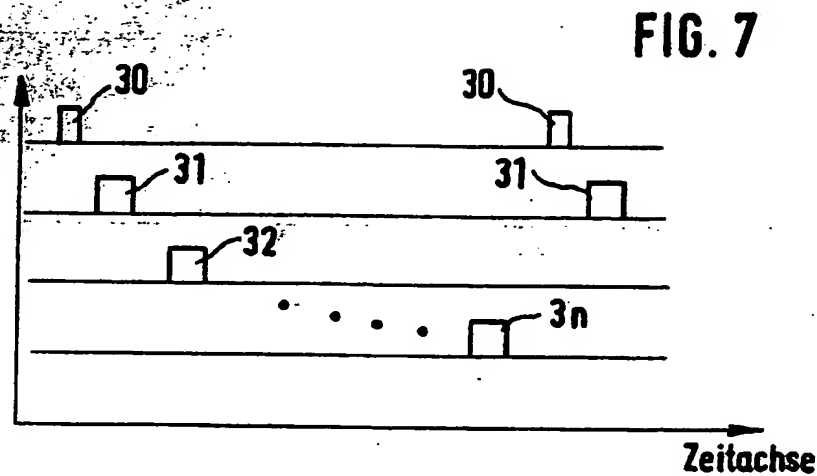
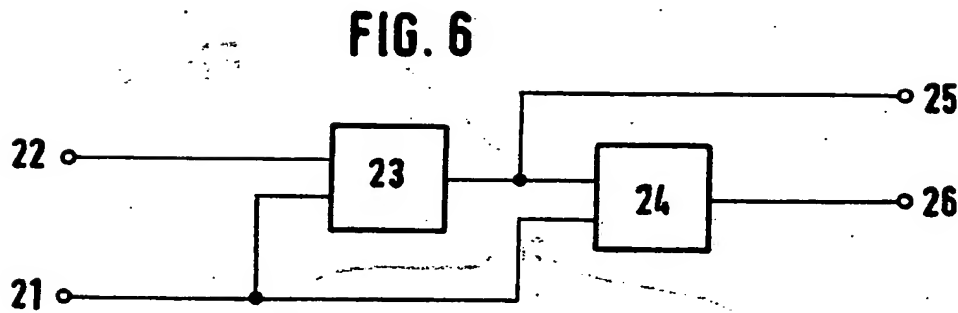
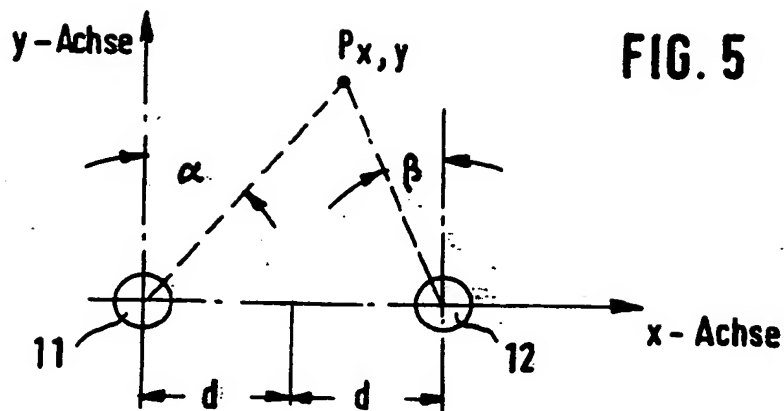


FIG. 2





P.3342721-6



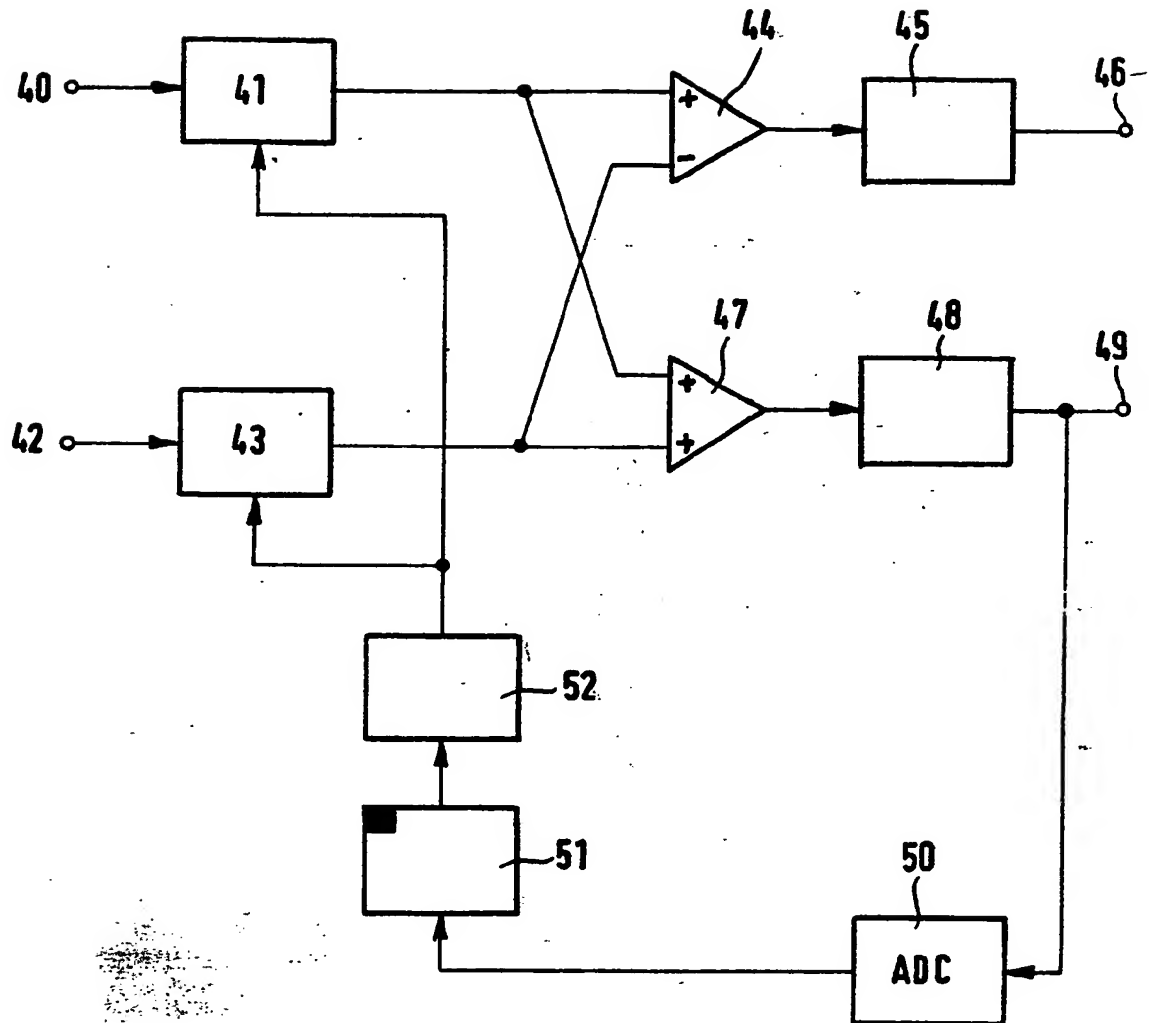


FIG. 8

P 33.42721.6

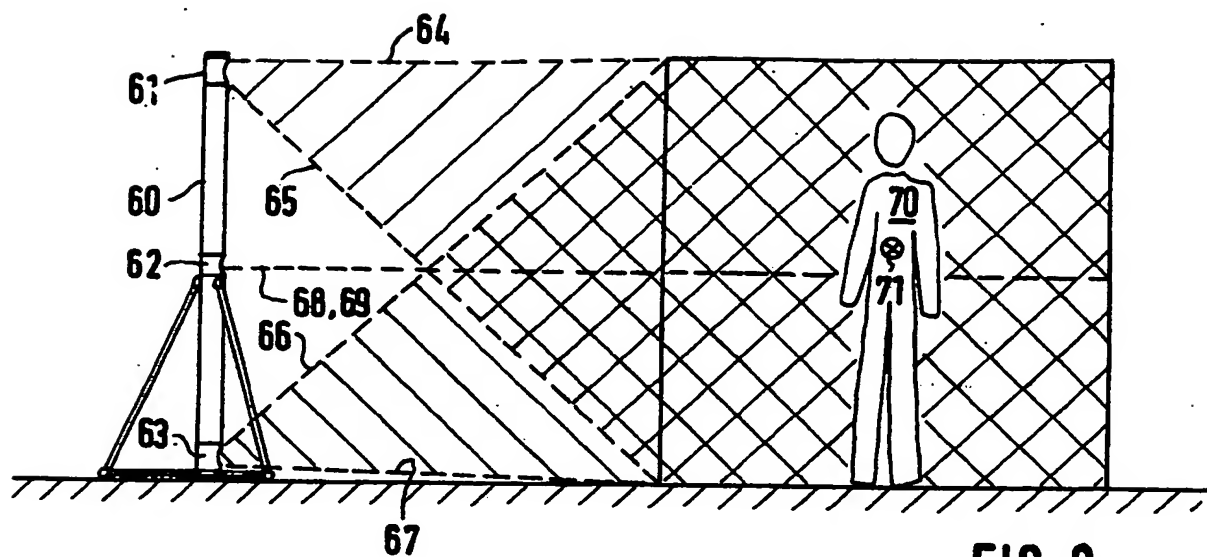


FIG. 9

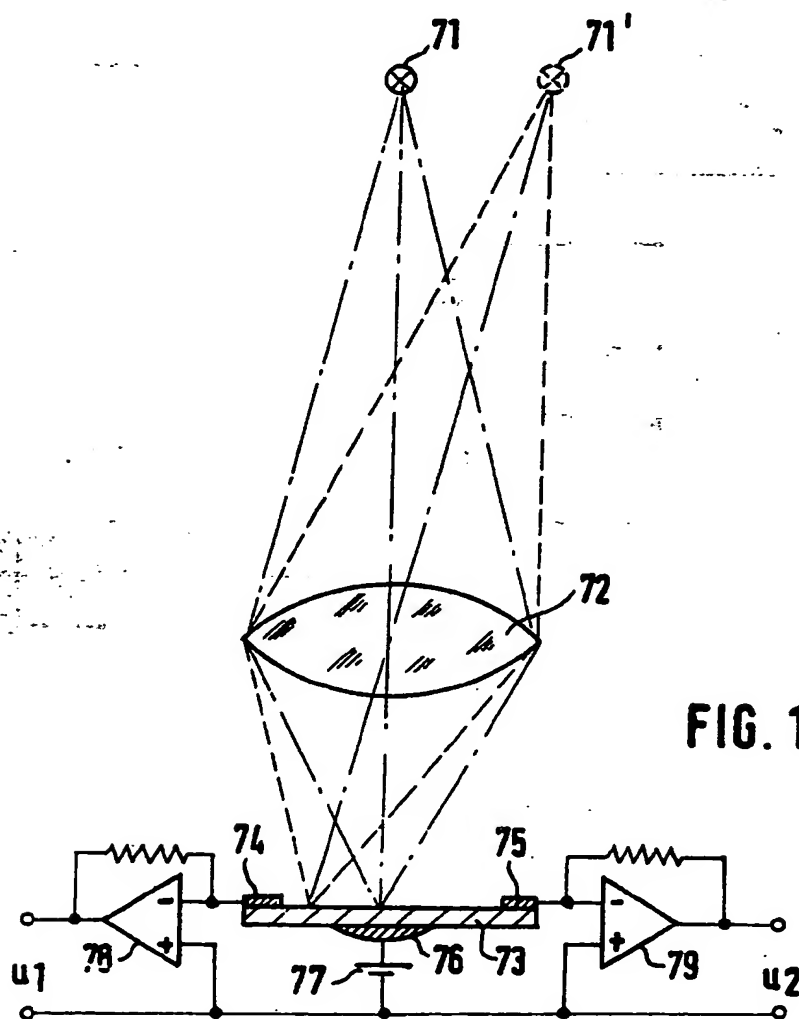


FIG. 10

P3342721.6